

補助事業番号 2021M-166

補助事業名 2021年度 自励振動ヒートパイプ内部液・温度場の同時可視化計測と作動原理の解明 補助事業

補助事業者名 青山学院大学工学部機械創造工学科 石井慶子

## 1 研究の概要

PHP内部気液界面の位置と温度場の変化, 圧力を同時に取得し, 温度場の特性からPHPの作動原理を解明する. 温度可視化にはTemperature Sensitive Paint(TSP)を用いる. TSPは発光強度が温度に依存する性質をもち, これを流路内部に塗布し, その発光強度をカメラで撮影し, 画像処理を行うことで2次元温度分布の計測が可能である. 温度場, 液膜位置の時系列変化を捉え, 圧力センサで圧力を計測することで研究目的の達成を目指す.

## 2 研究の目的と背景

温度は現象理解に重要な物理量だが, 熱電対による温度データは内部液温を正しく計測できないという指摘がある. 温度場と気相の位置を同時に計測した例ももちろん存在しない. そこで, 本申請研究課題では, 新たな光学的可視化手法を用いて内部の二次元温度分布と気液位置の時系列同時計測を行う. 加えて圧力の点計測を行い, その相互作用を明らかにする. 詳細な温度分布の時系列データより, 自励振動ヒートパイプ内部の熱流動機構を明らかにし, それらの情報を用いてPHP作動原理の解明・設計指針確立へ貢献することを目的とする.

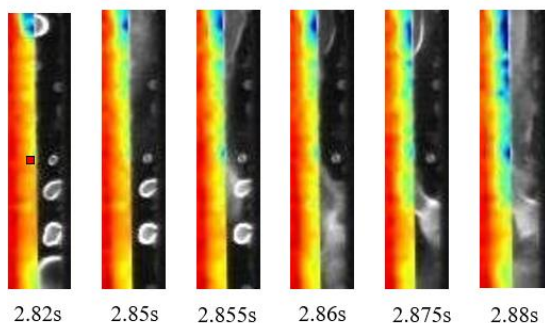
## 3 研究内容

### 自励振動型ヒートパイプ内部流動場の調査

気液の流動の様子と, その瞬間の温度場を同時に計測する. 内部液の温度分布を明らかにする. PHPは複数の流動様相があり, 加熱部・断熱部・冷却部でそれぞれ挙動が異なる. それぞれの流動様相について, それぞれの部位に着目して計測を行った. このとき, 液膜の様子や, それに伴う温度場の変化, 空間的な温度分布の違いに着目し熱流動挙動について考察を行った.

#### ① 壁面温度と流動の同時計測

(<https://sites.google.com/view/keiko-ishii/research/theme#h.c2s3uzds8a2d>)



作動液の流動と壁面温度分布の同時計測結果

ICFDでのオンライン学会での発表

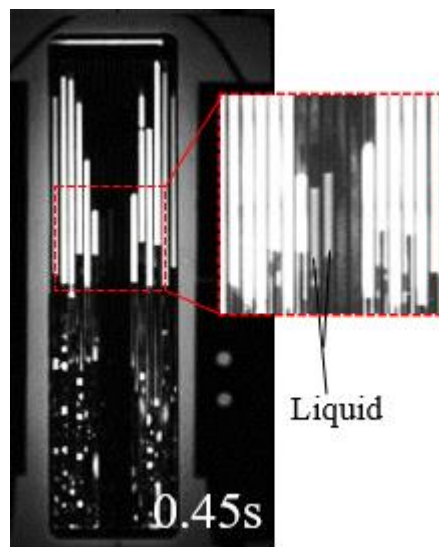
[https://www.aoyama.ac.jp/post02/2021/news\\_20210927\\_02?fbclid=IwAR2ZF6adeuXf4yg8unoxXPLKliUhlcvpEfW7SuTN641OueUOt8-KM0CNP0](https://www.aoyama.ac.jp/post02/2021/news_20210927_02?fbclid=IwAR2ZF6adeuXf4yg8unoxXPLKliUhlcvpEfW7SuTN641OueUOt8-KM0CNP0)



可視化情報シンポジウムでの学生の受賞

## ②スタートアップ時の液配置変遷の研究

ヒートパイプ内部流動をスタートアップから観察し、染料を含まない液柱が時間経過とともに流路中央に現れる様子から、相変化により液柱が移動することを初めて明らかにした。これにより時間による熱輸送効率の違いを初めて説明した。



相変化により流路中央に移動した液柱の可視化

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

自励振動型ヒートパイプ内の熱流動はわからないことが多いため、様々なパターンの実験が積み重ねられているが、根幹的な現象の理解に至っていない。温度分布、流動との関係を包括的に計測した例はない。理論やシミュレーションによる解析では、温度場や流動について様々な仮定をしており、それらの妥当性は実験結果と比較の上議論する必要があるといえる。また、細管を持つ機器内部で沸騰や凝縮を伴う熱交換を行う機器は多く存在するため、内部でおきる熱流動現象の詳細を把握したことで、今後の多くの機器の設計に役立てることができる。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまででもPHP内部の壁面温度分布の計測は行ってきたが、初めて流動との同時計測を行い、より詳細な熱流動場について明らかにできた。また、温度校正方法の高度化のため、場所ごとに校正関数を取得して、高精度で信頼性の高い温度計測を行えるようにした。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

##### 論文

1. 大高裕矢, 石井慶子\*, 麓耕二, 自励振動型ヒートパイプ内部における感温塗料を用いた温度分布および蛍光染料を用いた流動の同時計測, 実験力学, Vol. 22, No. 1, 2022年3月

##### 国際会議

2. Y. Otaka, K. Ishii, K. Fumoto, The Simultaneous Visualization of Flow and Temperature inside a Pulsating Heat Pipe Using Temperature-sensitive Paint, The 18th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2021), Oct, 27 – 29th, 2021.
3. Ishii Keiko, Omata R., Otaka Y., Fumoto K., Measurement of two-dimensional Temperature Distribution and point Pressure inside Pulsating Heat Pipe Using Temperature-sensitive Paint, the Joint 20th International Heat Pipe Conference and 14th International Heat Pipe Symposium, Paper 94, Russia Gelendzhik (Online), 6–10(10) Sep. 2021

##### 国内会議, 受賞

4. 大高 裕矢, 石井 慶子, 麓 耕二, 感温塗料を用いた自励振動型ヒートパイプ内部における熱流動の可視化, 第49回可視化情報シンポジウム2021年9月9–11日(ベストプレゼンテーション賞)オンライン

#### 7 補助事業に係る成果物

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 青山学院大学理工学部(アオヤマガクインダイガクリコウガクブ)

住 所: 〒252-5258

神奈川県相模原市中央区淵野辺5-10-1

担 当 者: 助教 石井慶子(イシイケイコ)

担 当 部 署: 機械創造工学科(キカイソウゾウコウガツカ)

E - m a i l: [ishii@me.aoyama.ac.jp](mailto:ishii@me.aoyama.ac.jp)

U R L: <https://sites.google.com/view/keiko-ishii/> /